

Nota técnica

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE PIÑA PARA ALIMENTACIÓN DE CABRAS: EFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN LÁCTEA¹

Carlos Alpizar-Solís*, Jorge Alberto Elizondo-Salazar^{2/**}

Palabras clave: *Capra hircus*; *Ananas comosus*; consumo; nutrición animal; leche.

Keywords: *Capra hircus*; *Ananas comosus*; intake; animal nutrition; milk.

Recibido: 16/01/18

Aceptado: 10/08/18

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con subproductos frescos del proceso de la piña (SDP), en la dieta de cabras lactantes, sobre el consumo, la producción y composición de la leche en condiciones del trópico húmedo de Costa Rica. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 4 tratamientos que correspondieron a niveles de suplementación de SDP: 0, 10, 20 y 30%. Se utilizaron 16 cabras con un peso promedio de 47,1±6,2 kg. Se llevó un registro diario del alimento ofrecido y rechazado, y se analizó el contenido nutricional de las dietas; adicionalmente, se pesó la producción diaria de leche individualmente y se analizó el contenido de grasa y proteína. La dieta con 0% SDP presentó la mayor concentración de materia seca (43,78%) ($p < 0,05$) y no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en cuanto a la concentración de proteína cruda (PC), carbohidratos no fibrosos (CNF), fibra detergente neutro (FND) y cenizas (CEN) para las diferentes dietas. Los animales del grupo control (0% SDP) consumieron en promedio 5,42 kg

ABSTRACT

Use of pineapple residues in goat feeding: Effect on milk production and milk composition. The objective of the present study was to evaluate the effect of supplementing fresh pineapple byproducts (SDP) to lactating dairy goats, on feed intake, milk production and milk composition, under humid tropic conditions of Costa Rica. A complete randomized block design was used with 4 treatments which corresponded to levels of SDP supplementation: 0, 10, 20 and 30%. Sixteen goats with an average body weight of 47.1±6.2 kg were used. A daily record of feed offered and rejected was taken, and the nutritional content of the diets was analyzed. Additionally, daily milk production was recorded individually and the fat and protein content was analyzed. The diet with 0% SDP had the highest dry matter (DM) concentration (43.78%) ($p < 0.05$) and no significant differences ($p > 0.05$) were observed regarding Crude Protein (CP), Non fibrous carbohydrates (NFC), Neutral detergent fiber (NDF) or Ash concentration for the different diets. Animals for the control group (0% SDP)

1 Inscrito en Vicerrectoría de Acción Social de la Universidad de Costa Rica. Proyecto ED-2746.

2 Autor para correspondencia. Correo electrónico: jorge.elizondosalazar@ucr.ac.cr

* Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela de Medicina Veterinaria, Programa de Medicina Poblacional, Costa Rica.

** Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Costa Rica.

de materia fresca y los consumos de los otros grupos oscilaron entre 3,81 y 4,81 kg. Los animales, en la dieta control, consumieron la mayor cantidad de materia seca (2,40 kg) y obtuvieron los mayores consumos de materia seca ($p < 0,05$) en relación con el peso vivo (4,58%). Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para el consumo de PC, CNF, FND, EE (Extracto etéreo) y CEN, en las cuales, el grupo de animales en la dieta control, consumió la mayor cantidad de nutrientes ($p < 0,05$). La producción de leche diaria fue significativamente mayor ($p < 0,05$) para aquellas cabras alimentadas con una inclusión de 10 y 30% de SDP en la dieta (1,26 y 1,22 kg respectivamente). No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) para la concentración de proteína en la leche, sin embargo, el porcentaje de grasa en la leche de las cabras alimentadas con 20% de SDP mostró mayor concentración (4,73%) en comparación con los animales que consumieron la otras dietas ($p < 0,05$). Los animales que consumieron las dietas con una inclusión de 10 y 30% de SDP mostraron mayor producción de proteína y grasa ($p < 0,05$).

consumed on average 5.42 kg of fresh material and intake for the other groups ranged from 3.81 and 4.81 kg. Animals in the control diet had the highest DMI (2.40 kg) and obtained the highest DMI (DM increment) ($p < 0.05$) in relation to their body weight (4.58%). Significant differences were found ($p < 0.05$) for CP, NFC, NDF, EE (etheric extract) and ashes intake, being that animals in the control diet consumed the greatest amount of nutrients ($p < 0.05$). Daily milk production was significantly higher ($p < 0.05$) for those goats fed with an inclusion of 10 and 30% SDP in the diet (1.26 and 1.22, respectively). No significant differences were found ($p > 0.05$) for milk protein concentration; however, milk fat concentration in goats fed with 20% SDP was highest (4.73%) in comparison with animals in the other groups ($p < 0.05$). Animals that consumed the diets with an inclusion of 10 and 30% SDP showed higher milk protein and fat ($p < 0.05$).

INTRODUCCIÓN

Las primeras cabras llegaron a América con los conquistadores españoles y portugueses durante el siglo XV, la raza principalmente introducida fue la Celta Ibérica (De Figueiredo y Barbieri 1990), predecesora de la actual raza criolla, y que ha experimentado una selección que le ha permitido adaptarse a las variables condiciones del continente americano.

Según Castro (2002), en Costa Rica, fue hasta la mitad de la década de 1970 que la producción caprina tomó fuerza, gracias a la iniciativa del Ministerio de Agricultura y Ganadería y a la cooperación internacional. Posteriormente, en 1986 se creó la Asociación Costarricense de

Criadores de Cabras y la primer planta procesadora de productos lácteos caprinos en 1989.

Según el último censo agropecuario del 2014 en Costa Rica, existen 10 338 cabras hembras, ubicadas principalmente en la provincia de Alajuela y un total de 2348 fincas que se dedican a la actividad con un promedio de 4 a 5 cabras por finca (INEC 2014), lo que sugiere que esta actividad aún se encuentra en desarrollo y que no ha alcanzado la intensificación que posee el sector lácteo bovino, aspecto que evidencia que es necesario dar apoyo al sector caprino desde el punto de vista académico, técnico y económico.

Las cabras presentan una serie de ventajas sobre otras especies más tradicionales, pues se adaptan a una amplia variedad de ambientes, son

más eficientes productiva y reproductivamente, y sus productos lácteos son de mejor calidad en comparación con los de los bovinos (Barreto 2005, Bidot y Bidot 2006).

Estos animales son capaces de aprovechar variados tipos de alimentos, que van desde forrajes de especies arbóreas hasta rastrojos de cosechas (Galdámez 2007, Goetsch *et al.* 2010), lo que ha incentivado el uso de diversos subproductos agrícolas para su alimentación, como los derivados del cultivo y procesamiento de la piña (*Ananas comosus*).

En Costa Rica, el cultivo de piña se estableció inicialmente en la zona sur, en donde el mayor desarrollo de esta actividad se logró con la instalación de la empresa PINDECO, y luego, se extendió a la Región Huetar Norte, donde el sector piñero pasó de 746 productores, con un área total de 11 168,4 ha en el 2004, a 949 productores en el 2005 con un área total productiva de 14 019,4 ha (Guevara *et al.* 2017).

En el 2007, se reportó que Costa Rica fue el cuarto país con mayor producción de piña a nivel mundial, precedido por Brasil, Tailandia y Filipinas, y produjo el 9,1% del total a nivel mundial (principalmente como producto fresco, conservas y jugos), con sólo el 3% del área mundial destinada a este cultivo (Hernández 2008). Entre 2009 y 2012 la producción de piña experimentó un crecimiento del 20,44% (SEPSA 2013), asociado al mejoramiento del manejo de los cultivos, sin embargo, los ingresos económicos mostraron una reducción media anual aproximada del 6% (CANAPEP 2015), principalmente por consecuencia del incremento de la oferta del producto en los mercados internacionales. Según el último censo agropecuario realizado en Costa Rica en el 2014, existen 1228 fincas dedicadas a la producción de piña, que representan en total 37 659,9 hectáreas, o sea, un 10,6% del área del país dedicada a cultivos permanentes (cosechados sin destruir la planta). Además, este último censo indica que las provincias de Alajuela, Puntarenas y Limón concentran el 87,6% de la superficie dedicada a la siembra de piña y el 75,1% de las fincas, principalmente en los cantones de San Carlos,

Buenos Aires y Sarapiquí (INEC 2014). La exportación de piña en el 2015 generó al país aproximadamente 806,68 millones de dólares y los principales destinos de este producto fueron la Unión Europea con un 44% de las exportaciones América del Norte con un 53% y el resto de Europa con un 2% (CANAPEP 2015). Es por ello que la piña se posiciona como uno de los 4 cultivos más importantes de Costa Rica, primordialmente desde el punto de vista de las exportaciones.

La actividad piñera genera una serie de desechos de la cosecha y del procesamiento de la fruta, que han propiciado la aparición de problemas sanitarios, como el de la mosca paletera (*Stomoxys calcitrans*), que en el caso de la ganadería se traduce en menor rendimiento de los animales. Estos hechos hacen que sea necesario contrarrestar los efectos de la actividad, una de las opciones más viables, y si se quiere hasta sostenible, es el empleo de los desechos de esta industria como materia prima para diversos usos, dentro de estos la alimentación animal (López *et al.* 2009). Cabe mencionar que en la región norte del país los desechos del procesamiento de la piña (cáscara y pulpa) han sido usados por los productores de bovinos con resultados positivos en la producción de leche (Gutiérrez *et al.* 2003). Sin embargo, para conocimiento de los autores, no existe información documentada acerca del uso de subproductos frescos de piña (SDP) en la dieta de cabras lactantes en Costa Rica y esto se constituye en una problemática, pues implica que su uso por parte de los productores de cabras hasta el momento ha sido prácticamente empírico.

La posibilidad del uso de los subproductos del procesamiento de la piña (SDP) para la alimentación de rumiantes radica en su composición química, ya que aportan principalmente pectinas o fibras altamente fermentables, que son fuentes de energía que a nivel ruminal no tienden a disminuir de manera significativa el pH, como sí lo hacen otros carbohidratos, cuyo uso está motivado principalmente por la mediana a baja calidad de los forrajes tropicales (Rojas 1995).

Por ello, este estudio busca evaluar el efecto de la suplementación con subproductos frescos

del proceso de la piña en la dieta de cabras lecheras sobre el consumo de alimento y la producción y la composición de la leche. De este modo se pretende generar información pertinente para apoyar a técnicos y productores en el uso de los SDP en la alimentación de cabras lecheras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El experimento se llevó a cabo durante octubre y noviembre del 2015 en una finca ubicada en la provincia de Alajuela, Cantón de San Carlos y distrito de Aguas Zarcas, con una altitud de 208 msnm, una precipitación anual media de 3710 mm, una temperatura media mínima de 21°C y una media máxima de 31°C (IMN 2015), dedicada a la explotación lechera de cabras de raza mixta como Saanen, Nubiana, LaMancha y Toggenburg. De acuerdo con el sistema de clasificación de las zonas de vida, la finca está localizada en un bosque muy húmedo tropical (Holdridge 1966).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, en el que los animales se agruparon de

acuerdo con la raza, edad, número de parto y producción láctea. Se utilizaron 4 tratamientos que consistieron en una dieta control (0% de SDP), una dieta con 10% de SDP (específicamente cáscara y restos de la pulpa), una con 20% de SDP y otra con 30% de SDP, todas en base fresca y en sustitución del pasto de corta ofrecido. Cada tratamiento contó con 4 repeticiones, para un total de 16 cabras o 16 unidades experimentales, con un peso promedio de 47,1±6,2 kg, que fueron identificadas y ubicadas en corrales individuales de 2,0 m² para realizar la alimentación por separado.

Dietas utilizadas y evaluación del contenido nutricional

Las dietas contenían una mezcla de alimento balanceado comercial, citropulpa deshidratada, banano verde fresco picado, pasto de corte Tanner (*Brachiaria radicans*), minerales y la cantidad correspondiente de SDP (Cuadro 1). La mezcla se suministró en 2 porciones diarias (8:00 a.m y 4:00 p.m). Los SDP utilizados consistieron principalmente de la cáscara del fruto y porciones variables de pulpa. Los animales tuvieron libre acceso a agua limpia y fresca durante el tiempo del experimento.

Cuadro 1. Ingredientes utilizados en las dietas evaluadas, en base fresca.

Ingrediente, %	0% SDP	10% SDP	20% SDP	30% SDP
Alimento balanceado	9,96	12,17	10,37	10,13
Pulpa de cítricos	3,66	4,48	3,81	3,72
Banano verde	15,68	19,15	16,32	15,95
Residuos de piña	0,00	10,00	20,00	30,00
Pasto Tanner	70,70	54,20	49,50	40,20
Total	100	100	100	100

SDP=Subproductos de piña.

Las dietas se suministraron de manera individual a razón de un 13% del peso vivo en base fresca, y se dio un período de acostumbramiento de 10 días, previo al período experimental, y la recolección de muestras y datos tuvo una duración de 21 días.

Diariamente se tomó una muestra de cada ración ofrecida a los animales, que se almacenó en refrigeración para, analizarlas posteriormente en el laboratorio de bromatología de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata para analizar el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), carbohidratos no fibrosos (CNF) y cenizas (CEN), por medio de los procedimientos aprobados en cada caso (AOAC 2006, Voelker y Allen 2007). El valor de carbohidratos no fibrosos (CNF) se estimó por diferencia con la siguiente fórmula (NRC 2001):

$$\text{CNF, \%} = 100 - (\% \text{FND} + \% \text{PC} + \% \text{EE} + \% \text{CEN}).$$

Determinación del consumo de alimento

La porción de la ración no consumida o de rechazo se recolectó diariamente a las 7:30 a.m de los comederos y se pesó para evaluar el consumo. El consumo de nutrientes, se determinó a partir del consumo de la ración y su respectivo análisis bromatológico.

Evaluación de la producción y composición de la leche

El pesaje de la leche se realizó diariamente 2 veces al día durante cada ordeño, de manera manual e independiente para cada cabra, con una romana y un contenedor plástico que se colocó a la salida de la tubería del equipo de ordeño; el peso registrado fue la suma de la pesa del ordeño matutino y del ordeño vespertino. Para determinar la

composición de la leche, se tomaron muestras completas (a.m y p.m) de cada cabra durante 3 días consecutivos. Puesto que las muestras fueron tomadas durante el pesaje, se almacenaron en refrigeración (4,0°C) hasta su traslado al laboratorio, para ser analizadas usando el analizador Ekomilk®, previa homogenización y atemperado de las mismas, para determinar la concentración de grasa y proteína.

Análisis estadístico

El efecto de la inclusión de los SDP, sobre el consumo de materia seca, la producción diaria de leche y el contenido de grasa y proteína fueron analizados mediante el ajuste de modelos lineales generales y un análisis de varianza en el programa SAS (SAS 2011). La comparación entre tratamientos se realizó utilizando la prueba de Tukey, con una significancia $p < 0,05$. Se empleó la prueba de Shapiro Wilk para los residuales a fin de determinar la normalidad de la distribución, así como la prueba de Durbin-Watson para especificar la independencia de los residuales, y la prueba de varianzas no constantes para determinar la homogeneidad de la varianza de los residuales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valor nutricional de las dietas utilizadas

La composición nutricional de las dietas utilizadas en el estudio se presenta en el Cuadro 2. La dieta control presentó la mayor concentración de materia seca (43,78%) y se observó que el contenido de materia seca disminuyó significativamente ($p < 0,05$), conforme incrementó la inclusión de subproductos de piña, lo cual es de esperar, debido al alto contenido de humedad (>89%) en estos productos (López *et al.* 2009).

Cuadro 2. Composición nutricional de las dietas (base seca) para cabras lactantes con diferentes porcentajes de inclusión de subproductos de piña.

Dieta	Composición nutricional, %					
	MS	PC	CNF	FND	EE	CEN
0% SDP	43,78 ^a	11,89	47,30	30,44	3,29 ^a	7,08
10% SDP	39,98 ^a	12,32	47,08	32,04	2,00 ^{ab}	6,55
20% SDP	30,67 ^b	11,39	48,66	32,05	1,14 ^b	6,76
30% SDP	33,73 ^b	11,77	46,58	32,86	1,99 ^{ab}	6,80

^{ab} Medias con literales diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos ($p < 0,05$).

SDP=Subproductos de piña; MS=materia seca; PC=proteína cruda; CNF=carbohidratos no fibrosos; FND=fibra neutro detergente; EE=extracto etéreo; CEN=cenizas.

No se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en cuanto a la concentración de proteína cruda (PC), carbohidratos no fibrosos (CNF), fibra detergente neutro (FND) y cenizas (CEN) para las diferentes dietas; sin embargo, sí se presentaron diferencias significativas para la concentración de extractos etéreos (EE).

En un meta análisis realizado por López *et al.* (2014), con el objetivo de determinar el uso potencial de los sub-productos del cultivo de la piña para su empleo en la dieta de animales rumiantes, encontraron que la composición nutricional de la cáscara y pulpa de piña fue de 8,2% de PC; 63,9% de FND; 17,6% de CNF y 8,8% de CEN, por lo que, basado en la concentración de PC, su utilización como sustituto de forraje debe ser parcial.

Para conocer la composición nutricional de los SDP, Rojas (2005) realizó análisis proximales a estos materiales obtenidos en la zona norte del país y el promedio de los diferentes nutrientes fue: 10,17% de MS; 7,03% de PC; 1,5% de EE; 65,79% de FND y 29,63% de CNF. Por su parte, Gutiérrez *et al.* (2003) obtuvieron valores de CNF de 18,58%; 3,49% de CEN, 0,17% de calcio; 0,13% de fósforo y un valor de digestibilidad in vitro de la materia seca de 86,19%.

Con base en la información presentada en el Cuadro 2, los diferentes porcentajes de inclusión de los SDP para la alimentación de caprinos, no

reducen la calidad de la dieta y no muestran las restricciones que se pueden observar en otros materiales. Es importante notar que todas las dietas en el estudio tuvieron una concentración de PC superior al 8%, lo que garantiza el adecuado funcionamiento ruminal (Van Soest 1994). La concentración de FND es adecuada para garantizar un consumo sin que haya un rápido llenado físico de los animales. No obstante, aun cuando el contenido de FND se incrementó en las dietas con SDP, este valor no discrimina entre el contenido de pectinas, celulosa, y hemicelulosa (Van Soest 1994), y aunado al bajo porcentaje de efectividad, dado el reducido tamaño de las fibras (Mertens 1997) y a la fermentabilidad de los SDP (Rojas 2005), la sustitución de forrajes como el pasto, por este tipo de productos en la dieta de las cabras, debe valorarse teniendo en cuenta el buen funcionamiento y la salud ruminal.

Efecto de la inclusión de SDP sobre el consumo de nutrientes

Un principio básico en nutrición animal es cuantificar el consumo de materia fresca y materia seca para determinar la ingestión de nutrientes. La cantidad de materia fresca y seca consumida, y expresada como el porcentaje del peso vivo de los animales en este ensayo, se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Efecto de la inclusión de subproductos de piña (SDP) en la dieta de cabras lactantes sobre el consumo de materia fresca y materia seca.

Dieta	PV, kg	MV, kg.d ⁻¹	PV, %	MS, kg.d ⁻¹	PV, %
0% piña	52,6 ± 2,8 ^a	5,42 ^a	10,32	2,40 ^a	4,58 ^a
10% piña	40,2 ± 3,8 ^b	3,81 ^c	9,54	1,53 ^c	3,84 ^b
20% piña	47,2 ± 4,9 ^{ab}	4,73 ^b	10,15	1,46 ^c	3,12 ^d
30% piña	48,2 ± 4,3 ^{ab}	4,81 ^b	10,58	1,64 ^b	3,42 ^c
EEM	0,40	0,03	0,12	0,05	0,10

^{ab} Medias con literales diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos ($p < 0,05$).

EEM=Error estándar de la media, MV=materia verde, MS=materia seca, PV=peso vivo.

Al considerar los consumos de materia fresca, se encontró una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los diferentes tratamientos, en el cual los animales del grupo control (0% SDP) consumieron en promedio 5,42 kg y los consumos de los otros grupos oscilaron entre 3,81 y 4,81 kg. Hay que tomar en cuenta que se encontró una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los pesos de los animales del grupo control (0% SDP) y los animales que consumieron la dieta con 10% de inclusión, lo que definitivamente afectó el consumo, ya que los animales del grupo con 10% de inclusión, presentaron un menor peso corporal, lo que afectó el consumo voluntario (NRC 2007).

Los valores de consumo de materia fresca encontrados son superiores a los reportados en otros estudios realizados en nuestro país. Así, por ejemplo, Elizondo (2015) encontró consumos diarios de 2,74 a 3,71 kg de materia fresca cuando los animales consumieron forraje de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con alimento balanceado y forraje de maíz sin alimento balanceado, respectivamente; mientras que Rodríguez y Elizondo (2012) reportaron que el consumo diario de forraje fresco fue de 3,64 y 3,40 kg cuando las cabras consumieron forraje de morera (*Morus alba*) y de estrella africana, respectivamente. No obstante, otros estudios han reportado también consumos de materia fresca tan bajos como 1,64 kg con pasto King grass (*Pennisetum purpureum*)

(Chacón y Vargas 2010) y 1,41 kg con pasto prodigioso (*Trypsacum laxum*) (Vargas 2009).

Al analizar el consumo de materia seca (kg.d⁻¹), se observó una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los diferentes tratamientos. En este caso, los animales en la dieta control (0% SDP), consumieron la mayor cantidad de materia seca (2,40 kg) y obtuvieron los mayores consumos de materia seca ($p < 0,05$) en relación con el peso vivo (4,58%).

En este ensayo la cantidad de materia seca consumida osciló entre 1,46 y 2,40 kg.d⁻¹. Al comparar estos valores con datos reportados en otros ensayos llevados a cabo en nuestro país, donde se emplearon gramíneas, puede notarse cómo los consumos obtenidos en el presente ensayo superan a los obtenidos por otros autores. Así por ejemplo, Elizondo (2004) evaluó el consumo en ensayos con jaulas individuales, donde se emplearon cabras secas de la raza LaMancha con pesos promedios de 38 kg, alimentadas con sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*); en dichas pruebas el consumo de materia seca rondó los 350 gramos.animal⁻¹.d⁻¹. Vargas (2009) por su parte, realizó un trabajo donde evaluó el consumo de pasto prodigioso (*Trypsacum laxum*) para medir el impacto del nivel de ofrecimiento sobre el consumo. La gramínea se ofreció sin ningún proceso de picado en 3 cantidades crecientes representadas como porcentaje del peso corporal

(7,5; 10,0 y 12,5%) a cabras secas LaMancha, con 40 kg de peso vivo, en el cual se obtuvo 342,03 gramos de MS.animal⁻¹.día⁻¹ como consumo promedio para los 3 niveles de ofrecimiento.

En un estudio más reciente, Elizondo (2015) llevó a cabo un experimento con el fin de evaluar la calidad y consumo de forraje de maíz y pasto estrella africana con o sin alimento balanceado en cabras, y determinó que los consumos de materia seca oscilaron entre 490 y 930 gramos.animal⁻¹.día⁻¹.

El consumo de materia seca, con respecto al peso vivo del animal, varió de 3,12 a 4,58% y fue significativamente mayor ($p < 0,05$) para el tratamiento con una inclusión del 0% de SDP. Esto es algo que se puede esperar, ya que las dietas con inclusión de SDP presentaron una menor concentración de MS, lo que se ha atribuido a reducir el consumo voluntario en los rumiantes (Pasha *et al.* 1994), ya que un alto contenido de agua puede ocasionar un llenado físico a nivel ruminal (Forbes 1995). Este resultado coincide con lo reportado por Elizondo (2004), quien observó que al aumentar el contenido de humedad de la dieta disminuyó el consumo de MS como porcentaje del peso vivo del animal. Elizondo (2015) reportó que el consumo de materia seca en relación con el

peso vivo varió significativamente entre tratamientos ($p < 0,05$), e indicó que animales a los que se les ofreció forraje de estrella africana con alimento balanceado, lo consumieron en una relación del 1,63% del peso vivo, mientras que aquellos animales a los que se les ofreció forraje de maíz sin alimento balanceado lo consumieron en una relación fue de 0,86% de su peso vivo, valores muy inferiores a los encontrados en el presente estudio.

La cantidad de nutrientes consumidos en cada uno de los tratamientos se presenta en el Cuadro 4. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para el consumo PC, CNF, FND, EE y CEN para los diferentes grupos. El grupo de animales, en la dieta control (0% SDP), consumió la mayor cantidad de nutrientes ($p < 0,05$), situación que se le atribuye al mayor consumo de MS que presentaron los animales en dicho tratamiento.

Los animales en el grupo control (0% SDP) consumieron más de 91 g de PC con respecto a los demás grupos en el ensayo. Es importante hacer notar que la inclusión de SDP no disminuyó la concentración de PC en las dietas, y este mayor consumo se debe a que los animales del grupo control consumieron alrededor de 760 g de más de MS.

Cuadro 4. Efecto de la inclusión de subproductos de piña (SDP) en la dieta de cabras lactantes sobre el consumo de nutrientes.

Dieta	PC, g	CNF, g	FND, g	EE, g	CEN, g
0% piña	282,13 ^a	1121,37 ^a	722,30 ^a	78,07 ^a	168,00 ^a
10% piña	187,66 ^b	717,14 ^b	493,53 ^b	30,46 ^b	99,77 ^b
20% piña	165,23 ^c	705,91 ^b	464,95 ^b	16,54 ^c	98,07 ^b
30% piña	190,96 ^b	755,72 ^b	533,12 ^b	32,29 ^b	110,32 ^b
EEM	5,07	25,70	20,15	2,60	6,30

^{ab} Medias con literales diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos ($p < 0,05$).

EEM=Error estándar de la media; PC=proteína cruda; CNF=carbohidratos no fibrosos; FND=fibra neutro detergente; EE=extracto etéreo; CEN=cenizas.

De acuerdo con Elizondo (2002), los requerimientos de proteína cruda para mantenimiento son de 58,1 g.animal⁻¹.d⁻¹. Esto quiere decir que con base en los resultados obtenidos, todos los tratamientos utilizados en este ensayo superaron dicho requerimiento, por lo que los animales dispusieron de un exceso de proteína cruda que podría ser utilizado para llenar los requerimientos de otras necesidades fisiológicas como crecimiento y producción de leche.

El consumo de CNF fue muy superior para el grupo control ($p < 0,05$) en comparación con los otros tratamientos, lo que también se atribuye a un mayor consumo de MS.

Los consumos diarios de FND en los tratamientos, en los que se incluyó SDP, son muy similares a los reportados por Elizondo (2015) en cabras que consumieron pasto estrella africana y forraje de maíz con o sin alimento balanceado, que oscilaron entre 300 y 560 g.animal⁻¹.

Efecto de la inclusión de SDP sobre la producción y la composición láctea

Los resultados de producción y composición láctea para los diferentes tratamientos se resumen en el Cuadro 5. La producción de leche diaria fue significativamente mayor ($p < 0,05$) para aquellas cabras alimentadas con una inclusión de 10 y 30% de SDP en la dieta.

Cuadro 5. Efecto de la inclusión de subproductos de piña (SDP) en la dieta de cabras lactantes sobre la producción de leche y el porcentaje de grasa y proteína.

Dieta	Producción, kg	Proteína, %	Proteína, g	Grasa, %	Grasa, g
0% SDP	0,90 ^b	3,27	29,4 ^b	3,92 ^b	34,05 ^b
10% SDP	1,26 ^a	3,16	40,0 ^a	3,96 ^b	50,85 ^a
20% SDP	0,71 ^b	3,19	22,7 ^b	4,73 ^a	33,23 ^b
30% SDP	1,22 ^a	3,23	39,3 ^a	3,82 ^b	45,85 ^a
EEM	0,077	0,047	2,54	0,37	4,69

^{ab} Medias con literales diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos ($p < 0,05$).

EEM= Error estándar de la media.

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) para la concentración de proteína en la leche para los diferentes tratamientos; sin embargo, el porcentaje de grasa en la leche de las cabras alimentadas con 20 de SDP mostró un incremento ($p < 0,05$), en comparación con los animales que consumieron la otras dietas. Los animales que consumieron las dietas con una inclusión de 10 y 30% de SDP mostraron mayor producción de proteína y grasa ($p < 0,05$).

La explicación de las diferencias presentadas en la producción y composición láctea, no es muy clara, ya que no presenta ningún patrón

que se pueda atribuir a la inclusión de los SDP. Era de esperar que, debido al mayor consumo de nutrientes, el grupo control (0% SDP) hubiera presentado la mayor producción de leche y de componentes lácteos.

Sin embargo, hay que considerar que las cabras se reconocen por su habilidad para seleccionar en confinamiento, diferentes ingredientes como plantas específicas y partes de plantas cuando pastorean y se les da la oportunidad (NRC 2007). Por lo tanto, el impacto que tienen las estrategias de alimentación sobre el consumo de nutrientes puede variar entre individuos y

grupos de alimentación. Por ejemplo, en el presente experimento la selección de un ingrediente en particular pudo haber sido diferente entre los individuos que consumían la misma dieta, y por lo tanto, los resultados obtenidos podrían explicarse en cierta medida por la selección por parte de los animales.

Morand-Fehr (2005) ha indicado que, en general, las cabras buscan una diversidad en su ingesta, probablemente para mantener el ambiente ruminal dentro de ciertos parámetros fisiológicos y microbiológicos, pero también buscan limitar la variabilidad de los nutrientes ingeridos dentro de un corto periodo. Hay que considerar también que factores como la raza, la variación individual, el número de lactancias y su duración, los días en lactancia de las cabras (Goetsch *et al.* 2011), y la época del año (Iancu 2009), pueden tener un efecto importante sobre la producción y composición de la leche.

Se identificó que no existe información documentada de estudios que hayan evaluado el efecto del uso de SDP frescos o deshidratados sobre la producción y composición de leche en cabras; sin embargo, sí hay estudios que han evaluado otro tipo de alimentos. Por ejemplo, Samur (1984) utilizó poró y fruto de banano verde y maduro, obtuvo producciones de entre 1,27 a 0,615 kg diarios de leche, con contenidos de grasa de entre 4,5% y 3,37%, y observó que los mayores valores de producción y de grasa en leche se obtuvieron con el uso de banano verde, asociado a la mayor cantidad de almidón en este último, lo que favorece la producción y proporción de ácido propiónico a nivel ruminal, y este a su vez, la producción de leche.

Castro (1989) evaluó el uso de pasto king grass (*Pennisetum purpureum*), en conjunto con poró (*Erythrina poeppigiana*) y plátano verde, su efecto sobre la producción y la composición de la leche, en el cual obtuvo un promedio de producción de 1,1 kg diarios sin una variación considerable entre el mayor y el menor nivel de suplementación con ambos ingredientes; tampoco observó variación significativa del porcentaje

de grasa en leche entre los diferentes niveles de suplementación, con un valor medio de 3,3%.

Herrera *et al.* (2009) reportó que cabras, que consumieron pasto estrella africana, produjeron 1,06 kg de leche.d⁻¹, mientras que animales que consumieron morera tuvieron producciones de 0,88 kg, con concentraciones de grasa que oscilaron entre 3,65 y 4,23%, valores muy similares a los encontrados en el presente estudio.

Oprean *et al.* (2011) encontraron un efecto positivo del empleo de alimentos balanceados en sistemas pastoriles sobre la composición de la leche en cabras, pero con mejores resultados al incluir en mayor medida los alimentos balanceados.

CONCLUSIONES

A partir de los datos y los resultados obtenidos en este estudio, se concluye que es posible utilizar SDP en la alimentación de cabras lactantes con una inclusión entre 10 y 30% en base fresca. El uso de SDP frescos en la dieta de cabras en producción puede disminuir el consumo de MS, lo que puede estar asociado con el alto contenido de humedad de los SDP frescos. Se observó un efecto positivo del uso de SDP sobre la producción de leche en las cabras, sin embargo, este efecto puede no estar asociado exclusivamente con la alimentación. Tampoco fue posible observar un efecto del uso de SDP en la dieta de las cabras sobre la concentración de grasa y proteína en la leche, lo que sugiere que la dieta puede haber tenido un efecto menor sobre la composición láctea de las cabras y que otros factores como la selección, la raza, la variación individual, el número de lactancias y su duración, los días en lactancia de las cabras, la capacidad de seleccionar el alimento y la época del año, pueden tener un efecto importante sobre la producción y composición de la leche.

LITERATURA CITADA

A.O.A.C. (Association of Official Agricultural Chemists) International. 2006. Official Methods of Analysis of

- AOAC International. 18th. ed. rev. 1. Gaithersburg, Maryland, Estados Unidos. 3172 p.
- Barreto, O. 2005. La importancia de la leche de cabra y sus derivados. *Agroenfoque* 20(147):76-81.
- Bidot, A; Bidot, G. 2006. La producción de leche caprina: sus formas de comercialización y recopilación. *Agroenfoque* 3(1):68-73.
- CANAPEP (Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña). 2015. Estadísticas (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 10 dic. 2016. Disponible en <http://canapep.com/estadisticas/>
- Castro, A. 1989. Producción de leche de cabras alimentadas con (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*), suplementadas con diferentes niveles de follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) y de fruto de plátano verde (*Musa* sp. cv. "pelipita"). Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 67 p.
- Castro, A. 2002. Historia de la caprinocultura en Costa Rica (en línea). Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. Consultado 1 jun. 2016. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_anima/cabra_historia.html
- Chacón, P; Vargas, C. 2010. Consumo de *Pennisetum purpureum* cv. King Grass a tres niveles en cabras lecheras. *Agronomía Mesoamericana* 21(2):267-274.
- De Figueiredo, E; Barbieri, M. 1990. Goat production in South America. In *Proceedings of the International Goat Production Symposium*. (1990, Tallahassee, Florida, United States). p. 25-32.
- Elizondo, J. 2002. Estimación lineal de los requerimientos nutricionales del NRC para cabras. *Agronomía Mesoamericana* 13(2):159-163.
- Elizondo, J. 2004. Consumo de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) en cabras. *Agronomía Mesoamericana* 15(1):77-80.
- Elizondo, J. 2015. Calidad nutricional y consumo de forraje de maíz (*Zea mays*) y forraje de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con o sin alimento balanceado en cabras. *Nutrición Animal Tropical* 9(2):11-26.
- Forbes, J. 1995. Ruminant gastrointestinal tract. In Forbes, J. (ed.). *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. Wallingford. CAB International. p 59-80.
- Galdámez, J. 2007. El papel de la producción caprina tecnificada en la seguridad alimentaria láctea familiar. *Somos* 27:16-17.
- Goetsch, A; Gipson, T; Askar, A; Puchala, R. 2010. Feeding behavior of goats. *J. Anim. Sci.* 88(1):361-373. Doi: 10.2527/jas.2009-2332
- Goetsch, A; Zeng, S; Gipson, T. 2011. Factors affecting milk goat production and quality. *Small Rum. Res.* 101(1-3):55-63. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.09.025
- Guevara, A; Arce, R; Guevara, P. 2017. Impacto económico, social y ambiental de la piña en Costa Rica. INCAE. Informe final. San José, Costa Rica. 54 p.
- Gutiérrez, F; Rojas, A; Dormond, H; Poore, M. 2003. Características nutricionales y fermentativas de mezclas ensiladas de desechos de piña y avícolas. *Agronomía Costarricense* 27(1):79-89.
- Hernández, J. 2008. Perfil producto piña. Dirección de Estudios Económicos (en línea)-. San José, Costa Rica. Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica. 36 p. Consultado 15 jun. 2016. Disponible en <http://servicios.procomer.go.cr/aplicacion/civ/documentos/Perfil%20Producto%20Pina.pdf>
- Herrera, L; Vargas, C; Boschini, C; Chacón, A. 2009. Variación bromatológica de la leche de cabras Lamancha alimentadas con diferentes forrajes. *Agronomía Mesoamericana* 20(2):381-390.
- Holdrige, L. 1966. The life zone system. *Andsonia* 6(2):199-203.
- Iancu, R. 2009. Monitoring goat milk physico-chemical composition during season using analyzer ekomilk total. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology* 15(2):332-336. Consultado 14 jun. 2015. Disponible en <http://www.annalsofscb.ro/archive/15%202/1583-6258.XV-2-2010.332-336.pdf>
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2015. Datos climáticos (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 31 dic. 2015. Disponible en <https://www.imn.ac.cr/web/imn/inicio>
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2014. Censo Agropecuario: Resultados generales (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 30 jun. 2015. Disponible en <http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/agropecuario/publicaciones/>
- López, M; WingChing, R; Rojas, A. 2009. Características fermentativas y nutricionales del ensilaje de rastrojo de piña (*Ananas comosus*). *Agronomía Costarricense* 33(1):1-15.
- López, M; WingChing, R; Rojas, R. 2014. Meta-análisis de los subproductos de piña (*Ananas comosus*) para la alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana* 25(2):383-392.
- Mertens, DR. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science* (en línea). 80(7):1463-1481. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2
- Morand-Fehr, P. 2005. Recent developments in goat nutrition and application: A review. *Small Ruminant. Research.* 60:25-43. Doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.06.004
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7ª ed. rev. Washington, DC. The National Academies Press. 408 p.
- NRC (National Research Council). 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC, USA. The National Academies Press. 384 p.
- Oprean, L; Iancu, R; Stan, R; Trașcă, C. 2011. Comparison between types of feeding on goat milk composition (en línea). *Animal Science and Biotechnologies*

- 44(1):76-79. Consultado 14 jun. 2015. Disponible en <http://www.spasb.ro/index.php/spasb/article/viewFile/441/401>
- Pasha, T; Priegge, E; Russell, R; Bryan, W. 1994. Influence of moisture content of forage diets on intake and digestion by sheep (en línea). *Journal of Animal Science* 72:2455-2463. doi.org/10.2527/1994.7292455x
- Rodríguez, J; Elizondo, J. 2012. Consumo, calidad nutricional y digestibilidad aparente de morera (*Morus alba*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en cabras. *Agronomía Costarricense* 36(1):13-23.
- Rojas, A. 1995. Conceptos básicos en nutrición de rumiantes. Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 180 p.
- Rojas, A. 2005. Desechos agroindustriales altos en humedad utilizados en la alimentación de rumiantes. *ECAG Informa*. 34:18-21.
- Samur, C. 1984. Producción de leche de cabras alimentadas con King Grass (*Pennisetum purpureum*) y poró (*Erythrina poeppigiana*), suplementadas con fruto de banano (*Musa* sp. cv. *Cavendish*). Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 66 p.
- SAS (SAS Institute Inc). 2011. SAS/STAT 9.2 User's guide. Vers. 9.1. Cary, Carolina del Norte, Estados Unidos. 5121 p.
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2013. Área sembrada de las principales actividades agrícolas en hectáreas y producción de las principales actividades agropecuarias en toneladas métricas: 2008-2012. Con base en información de las instituciones públicas y privadas del Sector Agropecuario y Gerentes de Programas Nacionales. San José, Costa Rica. 16 p.
- Van Soest, P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2^{da}. Ithaca, Nueva York, Estados Unidos. Cornell University Press. 476 p.
- Vargas, C. 2009. Consumo y calidad del forraje *Trypsacum laxum* de un año. *Agronomía Mesoamericana* 20(2):391-398.
- Voelker, J; Allen, M. 2007. Nutrient demand affects ruminal digestion responses to a change in dietary forage concentration. *J. Dairy Sci.* 90(3):4770-4779.



Todos los derechos reservados. Universidad de Costa Rica. Este artículo se encuentra licenciado con Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica. Para mayor información escribir a rac.cia@ucr.ac.cr